

ERRATA.

Nous nous bornerons à la correction des fautes graves qui peuvent altérer le sens du texte, sans nous arrêter aux simples erreurs typographiques que le lecteur peut facilement rectifier lui-même.

Page 2, ligne 9, les phénomènes eux-mêmes, lisez :	les phénomènes de la vie,
— 13, — 24, des pieds à la tête,	— de la tête aux pieds,
— 57, — 24, constitution musculaire,	— constitution moléculaire
— 68, — 36, très-peu aiguisé,	— très-bien aiguisé,
— 77, — 34, 56 de chaque côté,	— 48 de chaque côté,
— 96, — 35, par une influence;	— par influence;
— 147, — 33 (note), pièces d'accès,	— pièces d'acier
— 240, — 23, horizontale,	— verticale.
— 241, — 4, et l'intensité,	— et d'intensité
— 243, — 21, déclinaisons maxima,	— déclinaisons minima
— id., — 24 et 25, maximum à 8 h. 1/4,	— minimum à 8 h. 1/4,
— 244, — 6, et le maximum moyen,	— et le minimum moyen
— 253, — 37 (dernière), diurnes, qui y est,	— diurnes y est
— 280, — 7, la positive du sol,	— la négative du sol
— 324, — 27 et 28 (note), n un coefficient,	— n un coefficient
— 339, — au bas, voyez la note finale G,	— voyez la note finale D.
— 437, — 22, 26 et 28 (note), Rennes,	— Rouen,
— 458, — (dans la figure, en bas, à gauche). f.	— d.
— 474, — 40, têtes c,	— têtes t
— 635, — 16, ce trouble,	— il est vrai que ce trouble
— 639, — 8, quelque désordre musculaire,	— quelque névrose,
— 664, — 23, d'un demi-millimètre	— d'un demi-millimètre de diamètre
— 726, — 7, -i; λ ₄	— -i; λ ₃
— 703, — 28, inducteur de la	— inducteur et la
— 741, — 2, d'un fil de	— d'un fil de cuivre de

TRAITÉ D'ÉLECTRICITÉ

THÉORIQUE ET APPLIQUÉE

SIXIÈME PARTIE

RAPPORTS DE L'ÉLECTRICITÉ AVEC LES PHÉNOMÈNES
NATURELS

CHAPITRE PREMIER.

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ DANS LES ACTIONS PHYSIOLOGIQUES.

§ 1. Notions générales sur l'électricité physiologique et particulièrement sur l'électricité animale.

Nous avons vu, en nous occupant des sources de l'électricité, que toute action ou plutôt tout changement dans l'état moléculaire d'un corps est accompagné d'un dégagement d'électricité, que ce changement ait lieu par l'effet d'une action physique, telle que la chaleur, d'une action mécanique ou d'une action chimique. Mais, indépendamment de ces actions simples provoquées par la main de l'homme, il existe dans la nature une multitude d'actions spontanées plus ou moins complexes qui donnent naissance aux phénomènes divers que nous présentent soit les corps organisés, soit les corps inorganiques; ces actions sont également accompagnées de manifestations électriques. Quand les corps qui les éprouvent sont inorganiques, elles doivent être nécessairement comme celles dont nous avons étudié l'effet dans la cinquième partie, ou physiques, ou mécaniques, ou chimiques; seulement, comme elles ne se présentent pas dans des circonstances aussi simples, il faut chercher à les démêler pour expliquer l'origine de l'élec-

tricité qui en résulte. Mais quand les corps sont organiques, la difficulté augmente encore, du moins lorsqu'il s'agit d'un organisme vivant ; il faut alors tenir compte d'une force, nouvelle et importante, savoir la force vitale. Nous verrons, en effet, que l'action de cette force est accompagnée chez tous les corps dans lesquels elle existe, d'une production d'électricité qui se manifeste constamment, quoique sous des formes très-variées et à des degrés d'intensité très-différents, et qui cesse avec les phénomènes eux-mêmes. Le problème se complique alors de la question de savoir si les manifestations électriques sont une conséquence directe et immédiate de la force vitale, ou si elles naissent des actions physico ou chimico-physiologiques que détermine cette force, et dont elles ne seraient plus alors qu'un effet indirect. Il va sans dire, en effet, que pour nous la force vitale elle-même n'est point une résultante des forces physiques ou chimiques qui accompagnent la présence de la vie, mais qu'au contraire elle les domine et les met en activité de manière à les faire servir à l'accomplissement des fonctions qui constituent l'organisme vivant.

Quelle que soit, du reste, la cause de l'électricité que manifeste, sous une forme ou sous une autre, tout corps doué de vie, nous nommons cette cause *action physiologique* ; et c'est par l'étude des phénomènes électriques qui accompagnent les actions physiologiques que nous commençons cette sixième partie, en consacrant ce premier paragraphe à un coup d'œil général sur ce sujet dont nous aborderons les détails d'une manière plus particulière dans les paragraphes suivants.

C'est surtout dans les animaux qu'on a reconnu et étudié les phénomènes électriques qui accompagnent la présence de la vie¹, et, parmi les animaux, c'est d'abord dans certains poissons qu'on en a observé les signes les plus prononcés. Il existe quelques espèces de poissons, entre autres la *torpille*, le *gymnote* et le *silure*, qui donnent une violente commotion quand on les irrite en certaines parties du corps ; et on a bien vite

¹ Nous verrons plus loin les tentatives qu'on a faites pour rechercher la présence de l'électricité chez les végétaux vivants.

constaté que cet effet était dû à une décharge électrique, en remarquant que pour l'éprouver il fallait toucher le poisson avec une tige conductrice de l'électricité. Plus tard, on a recueilli cette électricité elle-même, et on s'est assuré qu'elle possédait toutes les propriétés de l'électricité développée par les moyens artificiels. Nous étudierons dans un paragraphe suivant cette source remarquable d'électricité, en examinant de près la structure et les propriétés de l'organe particulier qui semble la produire, et dont sont doués seulement les poissons électriques. Auparavant, nous devons nous occuper des manifestations électriques qu'on est parvenu à observer, mais à un degré beaucoup moindre, chez les autres animaux.

Galvani est le premier qui ait démontré l'existence de l'électricité animale dans la grenouille. Nous avons cité l'expérience fondamentale sur laquelle il avait cru pouvoir d'abord appuyer sa démonstration¹, et qui consistait à mettre en communication les nerfs et les muscles d'une grenouille au moyen d'un arc composé de deux métaux. Mais l'interprétation qu'en donna Volta, en prouvant directement que l'emploi d'un arc métallique hétérogène était l'origine de l'électricité, obligea Galvani à se servir d'un arc homogène pour réunir les muscles et les nerfs de la grenouille. Une discussion très-longue s'éleva alors entre Volta et Galvani et leurs partisans respectifs, relativement à la cause des contractions éprouvées par la grenouille dans l'expérience fondamentale, Volta les attribuant à l'électricité développée par le contact de substances hétérogènes, et Galvani persistant à admettre l'existence d'une électricité animale dont il supposait la négative condensée dans les parties intérieures du muscle, tandis que la positive était à sa surface, le nerf servant de conducteur entre les deux armures de cette espèce de bouteille de Leyde ; idée que nous verrons être bien rapprochée de la vérité. Rien n'est plus ingénieux que les expériences par lesquelles Volta chercha à démontrer que la plus légère différence dans l'homogénéité des corps conducteurs en contact suffisait pour donner naissance à

¹ Tome I, page 27.

une électricité rendue sensible par les contractions de la grenouille ; cette électricité étant dans tous les cas, suivant lui, due à une hétérogénéité dans l'arc métallique. Galvani de son côté et son neveu Aldini montraient qu'on pouvait produire les contractions avec des arcs métalliques parfaitement homogènes, ou sans employer de métaux, et n'attribuaient l'influence incontestable de l'hétérogénéité qu'à une augmentation de résistance qui rendait plus forte la décharge de l'électricité animale. L'expérience fondamentale sur laquelle Galvani appuyait l'existence d'une électricité animale consistait à couper les nerfs à leur sortie du canal vertébral, puis, en les soulevant délicatement avec une tige isolante, à les amener en contact avec la surface extérieure d'une des cuisses de la grenouille en un seul point du muscle, si c'est possible ; et aussitôt la cuisse se contractait. Galvani était même parvenu à obtenir la contraction de la cuisse d'une grenouille en mettant son nerf en contact avec un muscle étranger, tel qu'un fragment musculaire du ventre placé sur une plaque de verre, et qui n'avait aucune liaison conductrice avec la grenouille. Cette forme remarquable, donnée par Galvani à son expérience fondamentale, constitue, comme nous le verrons, l'un des phénomènes les plus curieux de l'électricité animale. Toutefois Volta ayant encore objecté que l'électricité développée dans cette dernière expérience était due au contact du muscle et du nerf, et rentrait par conséquent dans le principe général qu'il avait établi sur l'électricité de contact, Galvani plaça sur un plan isolant une cuisse de grenouille munie de son nerf recourbé en demi-cercle ; dans le voisinage, et sans communication avec la première, il disposa une seconde cuisse, et laissa tomber le nerf de cette seconde cuisse préparée sur le nerf recourbé de la première. De cette manière aux deux points de contact il n'y avait que la substance nerveuse ; tout était donc homogène, et cependant, au moment où les deux circuits furent ainsi fermés, les deux cuisses se contractèrent énergiquement.

Galvani ne se borna pas aux expériences sur les grenouilles ; il en fit aussi sur les animaux à sang chaud, et réussit à montrer que le courant d'électricité animale dirigé de l'extrémité

inférieure des membres vers les nerfs n'était pas uniquement propre à la grenouille, mais se retrouvait dans les autres animaux. Ces résultats longtemps contestés ont été plus tard confirmés et étendus par les belles recherches de Matteucci et de Dubois-Reymond. Néanmoins, à l'époque dont nous parlons, les idées de Volta finirent par l'emporter sur celles de son adversaire, le monde savant ne pouvant se refuser de donner raison au physicien qui marchant de faits en faits avec une admirable logique et une puissance d'observation non moins grande, avait été conduit de la décharge d'électricité à peine sensible qu'accuse la contraction de la grenouille, à la pile voltaïque, la source d'électricité la plus énergique que l'homme ait produite jusqu'ici.

Toutefois, de même que Galvani et ses partisans avaient été trop loin en ne voyant dans les contractions de la grenouille qu'un effet de l'électricité animale, quelles que fussent les conditions de l'expérience, Volta et ses partisans avaient eu tort de nier absolument l'existence de cette électricité. C'est ce qu'avait bien senti, sans se laisser dominer par l'autorité alors toute puissante de Volta, l'illustre savant qui a été l'une des plus grandes gloires de l'Europe moderne. Dans un travail publié en 1797 et dont nous avons déjà fait connaître quelques-uns des résultats¹, Humboldt décrivit une série d'expériences par lesquelles il avait réussi à produire des contractions dans les cuisses de grenouille, en ne mettant en contact que le nerf et les muscles et en ayant soin d'éviter toute irritation mécanique. Il obtenait des contractions soit en recourbant la région lombaire de l'animal vers le nerf ischiade avec lequel elle était encore organiquement liée, soit en touchant en même temps, au moyen d'un fragment coupé de nerf crural, le nerf crural et un muscle de la cuisse, soit en touchant le nerf de la grenouille préparée, sur deux points différents, avec un morceau de substance musculaire prise sur la grenouille vivante. Humboldt avait démontré également la possibilité de contractions produites par des arcs réellement homogènes, et il avait

¹ Tome II, page 429.

établi la distinction suivante au moyen de laquelle il était parvenu à concilier d'une manière très-juste les résultats de Galvani et ceux de Volta, savoir que, s'il est vrai qu'il y ait des animaux chez lesquels un arc homogène n'excite aucune contraction, tandis que ces mêmes animaux en manifestent dès que l'arc est le moins du monde hétérogène, d'un autre côté on ne peut admettre que la contraction musculaire ne puisse avoir lieu qu'autant qu'il y a hétérogénéité.

L'électricité animale, au milieu des découvertes si nombreuses et si brillantes, auxquelles avait donné naissance la pile de Volta, avait été complètement perdue de vue quand trente ans après la publication de l'ouvrage de Humboldt, c'est-à-dire en 1827, Nobili, mettant à profit les moyens d'investigation que la science de l'électricité avait acquis pendant cet intervalle de temps, réussit à constater d'une manière irréfragable et à l'abri de toute objection, l'existence d'un courant électrique dans la grenouille, qu'il nomma le courant propre de la grenouille. C'est en se servant d'un galvanomètre multiplicateur très-sensible qu'il venait d'inventer et que nous avons décrit, qu'il put percevoir ce courant. La grenouille étant préparée à la manière de Galvani, il la faisait plonger d'une part par ses nerfs lombaires, d'autre part par les jambes, dans deux capsules remplies d'eau pure ou mieux d'eau salée¹; il s'assurait d'abord en réunissant les deux capsules par une mèche de coton mouillée que la grenouille se contractait, comme l'avaient déjà observé Galvani, Humboldt et d'autres; puis enlevant la mèche de coton, il fermait le circuit en plongeant respectivement dans les deux capsules, chacune des extrémités de son galvanomètre terminées par des lames de platine. Il obtenait ainsi un courant de 10°, de 20° et même de 30°; ce courant n'était que de quelques degrés lorsque le liquide contenu dans les capsules était de l'eau pure au lieu d'eau salée plus conductrice. Il était du reste constamment dirigé dans l'animal des pieds à la tête ou des muscles aux nerfs.

Nobili observa plusieurs faits importants sur le courant de

¹ Voyez tome II, page 436, figure 260.

la grenouille. Quoique les grenouilles ne se contractent sous l'action de leur propre courant que peu de temps, au plus pendant un quart d'heure depuis qu'elles ont été préparées, cependant l'action de ce même courant sur le galvanomètre est d'une beaucoup plus grande durée, de plusieurs heures dans bien des cas. Ayant obtenu une déviation de 5° avec une grenouille, il en disposa une seconde dans le circuit à la suite de la première et dans le même sens, et la déviation fut alors de 8°, avec une troisième la déviation fut de 11°. En opposant le courant d'une grenouille au courant d'une autre, il n'y a plus aucun effet; ainsi il n'y a même aucune contraction ni dans l'une ni dans l'autre des deux grenouilles en touchant le nerf et le muscle de l'une respectivement avec le nerf et le muscle de l'autre, tandis qu'elles se contractent fortement toutes les deux quand on met en contact réciproque le nerf de l'une avec le muscle de l'autre.

L'existence d'un courant propre dans la grenouille et indépendant de toute cause extérieure, quoique bien établie par Nobili, n'avait pas attiré toute l'attention qu'elle méritait. C'est aux efforts et aux travaux de M. Matteucci qu'on doit d'avoir mis en relief l'importance de ce fait, et en général d'avoir rendu à l'électricité animale la place qu'elle doit occuper dans les phénomènes électriques et physiologiques. Un autre savant, M. Dubois-Reymond, a fait également des phénomènes électro-physiologiques, comme nous l'avons déjà dit¹, l'objet de travaux aussi nombreux que consciencieux. C'est essentiellement dans les recherches de ces deux savants que nous puiserons les détails dans lesquels nous allons entrer sur ce sujet délicat, détails indispensables à connaître pour l'intelligence de la partie des applications qui aura pour objet la thérapeutique.

§ 2. Du courant propre de la grenouille et du courant musculaire en général.

Matteucci et Dubois-Reymond ont tous les deux fait égale-

¹ Tome II, page 450.